

# Effetto delle condizioni di coltura e della somma termica sullo stato di dormienza del tubero seme di nuovi cloni italiani

Vincenzo Vecchio, Luisa Andrenelli, Marco Manzelli, Lisetta Ghiselli, Enrico Palchetti

Dipartimento di Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio Agroforestale (DiSAT), Università degli Studi di Firenze, Italy

## RIASSUNTO

La durata della dormienza nei tuberi di patata dipende da fattori genetici, ormonali, ambientali che rendono difficile la definizione di età fisiologica. La somiglianza istologica e fisiologica tra microtuberi e tuberi consente di utilizzare la tecnica *in vitro* per studiare la risposta di genotipi diversi di patata nei confronti di fattori variabili quali il fotoperiodo, l'ambiente di coltura, la temperatura di conservazione dei tuberi.

I risultati ottenuti con la presente ricerca *in vitro* ed *in vivo* in condizioni culturali diverse, indicano come la somma termica accumulata durante il periodo di tuberizzazione influenzi la durata della dormienza: microtuberi e tuberi che hanno accumulato una elevata somma termica germogliano più prontamente di quelli con minore somma termica.

Le indicazioni fornite da questa ricerca consentono di ipotizzare di destinare a colture di controstagione genotipi caratterizzati da tuberizzazione precoce favorendo le scelte necessarie per una pianificazione economica dei programmi di produzione di tubero-seme.

**Parole chiave:** *Solanum tuberosum*, coltura *in vitro*, prove *in vivo*, interruzione della dormienza

## SUMMARY

### Growing condition and day degrees effect on dormancy of seed tuber of new Italian clones

**Introduction.** Potato tuber dormancy length is affected by genetic, hormonal and environmental factors, so that it is difficult to define tuber physiological age. Histological and physiological similarity among microtubers and tubers allows to utilize *in vitro* technique in studying the answer of different potato genotypes in relation to variable factors, such as photoperiod, cultivation environment, tuber conservation temperature. **Materials and methods.** The research activity has been subdivided into two trials: *in vitro* and *in vivo*. Trial n. 1. Microtubers of E 1587, MN 274 and Désirée, obtained under inductive conditions (Vecchio *et al.*, 1997), were subdivided in relation to genotype, diameter and days of permanence on plant (age) and were stored for 30 days at 20°C or 4°C in the dark. After this period microtubers were placed under diffuse light and 20°C. Each two days they were observed and the sprouting was recorded. After sprouting microtubers were dried at 80 °C during 48 hours and analysed for mineral composition. Trial n. 2. Minutubers of 12 genotypes were grown under three different environmental areas in relation to altitude and growing season. The environmental effects on genotypes were evaluated by means of dormancy length. **Results and discussion.** The results outlined by this research indicate that thermal sum accumulated during tuberisation significantly affect tuber dormancy length. In fact, microtubers and tubers with higher total day degrees sprout faster than those with lower values. **Conclusion.** This paper highlights the possibility to select genotypes per tuberisation earliness to be introduced in extra-seasonal potato cultivation typology in order to promote a sustainable planning of seed tuber production systems.

**Key words:** *Solanum tuberosum*, *in vitro* culture, *in vivo* trials, tuber dormancy interruption

## INTRODUZIONE

Da un punto di vista fisiologico è stato definito dormiente un tubero che, anche se posto in condizioni ideali di crescita, non germoglia (Reust, 1986).

I fattori che maggiormente influiscono sull'età fisiologica dei tuberi sono la varietà, le condizioni di crescita della pianta, il momento della raccolta e la temperatura di conservazione (Wiltshire e Cobb, 1996).

Poiché durante la dormienza il metabolismo del tubero resta comunque attivo, sebbene rallentato, la sua condizione fisiologica può essere influenzata da fattori fisico-ambientali (van Es e Hartmans, 1986; Wiltshire e Cobb, 1996), in particolare dalla temperatura.

Le piante sono caratterizzate da ritmi di crescita correlati positivamente con la temperatura tra un valore minimo

(temperatura di base generalmente 4 °C) ed un massimo.

La somma termica espressa come gradi-giorno, al di sopra della temperatura base, è stata utilizzata come strumento di ricerca per definire l'età fisiologica dei tuberi seme dal momento che questa ha importanti conseguenze sulla crescita, sullo sviluppo della vegetazione, sullo stato fisiologico e sul momento della raccolta (Allen *et al.*, 1992).

Molti studi (Claassens e Vreugdenhil, 2000; Donnelly *et al.*, 2003; Coleman *et al.*, 2001) hanno dimostrato che microtuberi e tuberi convenzionali sono simili riguardo a struttura, stato fisiologico (tuberizzazione, dormienza, germogliamento), processi metabolici (metabolismo dei carboidrati), attività enzimatiche, caratteristiche biochimiche (composizione in proteine e carboidrati), regolazione ormonale. In particolare, nell'ambito di una stessa cultivar, è stata osservata una correlazione positiva tra la durata della dormienza *in vivo* e quella *in vitro* (Leclerc *et al.*, 1995); è probabile,

perciò, che la base genetica di regolazione della dormienza nei tuberi e microtuberi sia la stessa (Van Ittersum e Scholte, 1992; Coleman *et al.*, 2001). Per Coleman e Coleman (2000), pur esistendo una differenza nello stato di dormienza tra i microtuberi e i tuberi convenzionali, questa sarebbe dovuta ad una maggiore concentrazione di agenti inibitori naturali presente nei microtuberi rispetto ai tuberi convenzionali.

La tecnica *in vitro* rappresenta pertanto un valido strumento di ricerca per valutare i vari aspetti fisiologici e biochimici, fra cui la tuberizzazione e la dormienza (Van Ittersum e Scholte, 1992; Harvey *et al.*, 1994; Coleman *et al.*, 2001; Claassens, 2002; Donnelly *et al.*, 2003; Vecchio *et al.*, 2002).

*In vitro* è possibile simulare alcuni tra i più importanti fattori ambientali (luce, temperatura, umidità, nutrienti inorganici) che si verificano *in vivo*, al fine di valutare le risposte fisiologiche della patata per scopi agronomici (Gopal e Minocha, 1997, 1998;

Autore corrispondente: L. Andrenelli - Dipartimento di Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio Agroforestale (DiSAT), Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Firenze, P.le delle Cascine 18, 50144 Firenze. Tel. +39 055 3288294, Fax +39 055 332472, e-mail luisa.andrenelli@unifi.it.

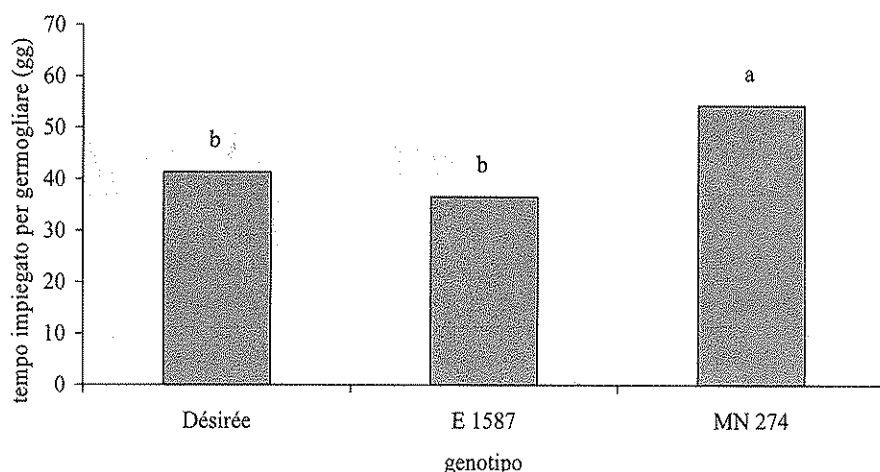


Figura 1 - Effetto medio del genotipo sulla durata della dormienza.  
Figure 1 - Genotype effect on dormancy length.

Gopal *et al.*, 1997) quali lo stato di dormienza legato all'impiego di microtuberi nel sistema di produzione del tubero-seme; caratterizzando il livello della dormienza è possibile razionalizzare i programmi di moltiplicazione e di produzione e migliorarne la pianificazione economica (Van Ittersum, 1992c; Gopal *et al.*, 1997; Naik *et al.*, 2000).

Una significativa modificazione della durata della dormienza nei microtuberi potrebbe essere ottenuta manipolando le condizioni ambientali durante l'induzione della tuberizzazione *in vitro* (Tovar *et al.*, 1985; Abbott e Belcher, 1986; Estrada *et al.*, 1986; Coleman e Coleman, 2000): composizione del substrato inducente (concentrazione di saccarosio, utilizzo di regolatori di crescita BAP e CCC), trattamenti fotoperiodici; l'effetto di questi fattori ambientali è fortemente dipendente dalla varietà. La più efficace combinazione delle condizioni per ridurre la durata della dormienza *in vitro* è risultata: concentrazione di saccarosio del 16 %, fotoperiodo di 8 ore e applicazione di BAP, in Kennebec, o di CCC, in Shepody (Coleman e Coleman, 2000).

Poiché ogni varietà mostra una specifica risposta ai trattamenti, è evidente la necessità di adottare protocolli specifici per ciascun genotipo sia per le condizioni induttive *in vitro* che per i trattamenti *ex vitro* (Coleman e Coleman, 2000).

Gli obiettivi della presente ricerca sono

stati:

a) caratterizzare la durata della dormienza dei microtuberi di due nuovi cloni italiani di patata: E 1587, MN 274;

b) studiare alcuni parametri che influenzano la durata della dormienza *in vitro* (genotipo, taglia, età fisiologica, temperatura di conservazione, contenuto in elementi minerali);

c) verificare *in vitro* l'effetto della somma termica sulla dormienza;

d) verificare *in vivo* l'andamento della dormienza in genotipi coltivati in differenti condizioni ambientali: coltura comune ad Imola, coltura comune in montagna sulla Sila e coltura bisestile a Bari.

## MATERIALI E METODI

L'attività di ricerca si è articolata in due distinte prove.

### Prova *in vitro*

Sono stati utilizzati 3 genotipi caratterizzati da alta percentuale di tuberizzazione per disporre di un sufficiente numero di microtuberi per i differenti trattamenti previsti. E 1587, fornito dall'Istituto di Genetica e Sperimentazione Agraria "Nazareno Strampelli" di Lonigo e MN 274 dal CISA "Mario Neri" di Imola. Come controllo è stata utilizzata la varietà Désirée. Con alcune subculture delle piante madri in substrato di crescita (MS + 30 g l<sup>-1</sup>

di saccarosio + 0.1 mg l<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> + 2 g l<sup>-1</sup> di phytagel) e fotoperiodo di 12 ore, sono state ottenute 192 talee uninodali per genotipo. Queste sono state poste in condizioni induttive di fotoperiodo (8 ore di luce) e di substrato (MS + 80 g l<sup>-1</sup> di saccarosio + 2 g l<sup>-1</sup> di phytagel) per 90 giorni. Durante questo periodo è stato effettuato un continuo monitoraggio visivo dei progressi della tuberizzazione. In particolare, le osservazioni, ripetute ogni due giorni, hanno permesso di registrare, con estrema precisione, la data della comparsa di ciascun microtubero differenziato sulla pianta madre, allo scopo di attribuirgli la corrispondente classe di età cronologica (Wiltshire e Cobb, 1996). Un microtubero è stato considerato "formato" quando aveva raggiunto un diametro trasversale almeno doppio rispetto a quello dello stolone che lo aveva originato. Dopo 90 giorni i microtuberi sono stati suddivisi per genotipo, somma termica acquisita e diametro, quindi conservati a 20 °C o 4 °C al buio. Trascorsi 30 giorni i microtuberi sono stati posti in luce diffusa e 20 °C di temperatura per la valutazione dello stato di dormienza. I rilievi sono stati effettuati ogni due giorni considerando germogliato un microtubero con germoglio di 2 mm. I campioni di tubergermogliati, per genotipo, somma termica e diametro sono stati seccati in stufa per 48 ore a 80 °C e analizzati per determinare la loro composizione in Ca, K. Il modello sperimentale è stato il seguente: 3 genotipi x 2 diametri x 2 T °C conservazione x 4 ΣT °C x 12 ripetizioni. I dati rilevati sono stati sottoposti ad ANOVA adottando un modello fisso.

La somma termica (ΣT °C) accumulata dai microtuberi (Wiltshire e Cobb, 1996) è stata calcolata considerando la temperatura media giornaliera e la lunghezza del periodo di crescita; essa viene espressa in gradi centigradi (°C) al di sopra della temperatura di 4 °C considerata come soglia per la crescita delle piante. Sono state calcolate le seguenti ΣT °C:

- Σ T1 è quella accumulata dalla pianta madre dal momento del trasferimento delle talee nodali in condizioni di tuberizzazione fino all'inizio della formazione del microtuberi

Tabella 1 - Località delle prove sperimentali.  
Table 1 - Localisation of experimental trials.

Località	Periodo della coltura	Fotoperiodo	Latitudine	Longitudine
Imola	23/03/04 – 10/08/04	Corto - Lungo	44° 20' 39''	11° 42' 56''
Bari	06/09/04 – 30/11/04	Corto - Corto	41° 7' 7''	16° 51' 7''
Molarotta	20/05/04 – 30/09/04	Lungo - Corto	39° 20' 25''	16° 26' 30''

$\Sigma T1 = (24^\circ\text{C} \times 8\text{h}) + (18^\circ\text{C} \times 16\text{h}) / 24\text{h} - 4^\circ\text{C} \times N^\circ$   
 $N^\circ$  = giorni necessari per formare microtubero

-  $\Sigma T2$  è quella accumulata dai microtuberi dall'inizio della loro formazione fino alla raccolta

$\Sigma T2 = (24^\circ\text{C} \times 8\text{h}) + (18^\circ\text{C} \times 16\text{h}) / 24\text{h} - 4^\circ\text{C} \times N^\circ$   
 $N^\circ$  = giorni permanenza microtubero su pianta

-  $\Sigma T3$ : somma termica accumulata dai microtuberi durante la fase di conservazione ( $4^\circ\text{C}$  e  $20^\circ\text{C}$ )

$\Sigma T3_{(4^\circ\text{C})} = ((4^\circ\text{C} \times 24\text{h}) / 24\text{h} - 4^\circ\text{C}) \times N^\circ = 0^\circ\text{C}$   
 $N^\circ$  = giorni di conservazione del MT a  $4^\circ\text{C}$

$\Sigma T3_{(20^\circ\text{C})} = ((20^\circ\text{C} \times 24\text{h}) / 24\text{h} - 4^\circ\text{C}) \times N^\circ = 480^\circ\text{C}$   
 $N^\circ$  = giorni di conservazione del MT a  $20^\circ\text{C}$ .

Tutti i microtuberi conservati a  $4^\circ\text{C}$  hanno la stessa somma termica calcolata alla fine del periodo di tuberizzazione, mentre quelli conservati a  $20^\circ\text{C}$  hanno avuto una somma termica di  $480^\circ\text{C}$  in più.

#### Prova in vivo

Questa prova è stata condotta in tre ambienti italiani differenti per epoca di coltivazione, per altimetria e per latitudine (Tab. 1): in coltura comune ad Imola (semina il 23 Marzo), in coltura comune sull'altipiano della Sila a Molarotta (semina il 20 Maggio) e in coltura bisestile in provincia di Bari (semina il 6 Settembre). Sono stati utilizzati minituberi di 12 genotipi comprendenti nuovi cloni italiani ed alcune vecchie varietà italiane ed europee. Gli effetti delle differenti condizioni colturali sui genotipi sono stati valutati attraverso la durata della dormienza su campioni rappresentativi di tuber (25 tuber con diametro di 35-45 mm) per ciascun genotipo e per ciascun ambiente. In totale sono stati osservati 900 tuber. I tuber raccolti sono stati posti in condizioni ottimali per germogliare (temperatura costante di  $20^\circ\text{C}$  e luce diffusa) in modo da rilevare la durata della dormienza.

## RISULTATI

#### Prova in vitro

Nella tabella 2 sono indicati alcuni parametri che consentono di identificare l'età dei microtuberi e le relative somme termiche

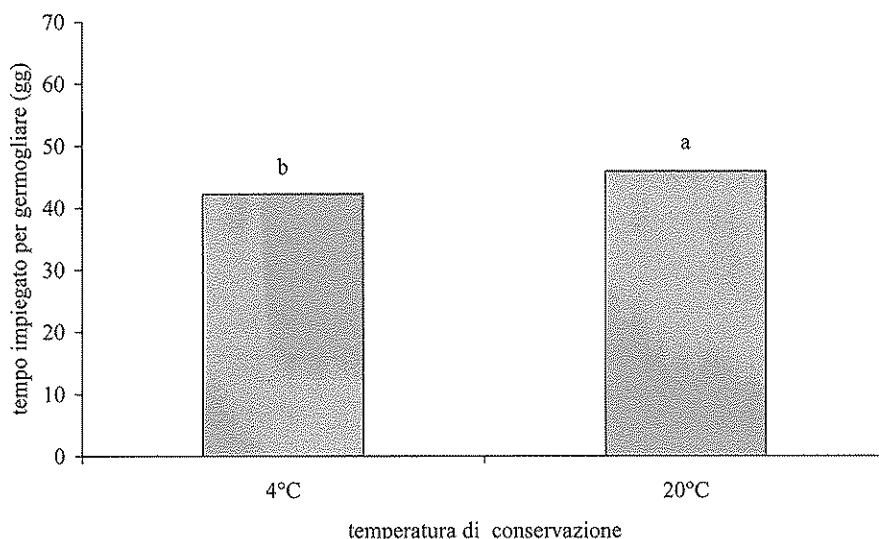


Figura 2 - Effetto medio della temperatura di conservazione sulla durata della dormienza.  
 Figure 2 - Storage temperature effect on dormancy length.

( $\Sigma T^\circ\text{C}$ ): appare ovvio che i tuber che si sono formati per primi abbiano usufruito di una somma termica più elevata.

La dormienza dei microtuberi è risultata fortemente legata al genotipo (Fig. 1). In particolare i microtuberi del clone E 1587 sono risultati significativamente meno dormienti (36.5 gg) rispetto a quelli del clone MN 274 (54.3 gg); i microtuberi del clone E 1587 si differenziano in modo non significativo da quelli della varietà Désirée, i cui tuber impiegano 41.3 giorni per il completo germogliamento.

I microtuberi conservati a  $4^\circ\text{C}$  sono risultati significativamente meno dormienti (42.3 gg) rispetto a quelli conservati a  $20^\circ\text{C}$  che necessitano di quasi 46 giorni per sviluppare pienamente i germogli (Fig. 2).

La durata della dormienza varia significativamente in funzione dell'età fisiologica dei microtuberi, espressa in termini di  $\Sigma T$ , mostrando un andamento molto regolare (Fig. 3). I microtuberi con la più bassa  $\Sigma T$  accumulata ( $0$ - $480^\circ\text{C}$ ), fisiologicamente più giovani, sono risultati i più dormienti, richiedendo un maggiore tempo per germogliare (59.1 gg.), discostandosi in modo significativo da quelli con una  $\Sigma T$  più elevata. Aumentando il valore della  $\Sigma T$  accumulata, diminuisce il tempo

necessario per germogliare; i microtuberi che hanno accumulato la più alta  $\Sigma T$  ( $816$ - $1440^\circ\text{C}$ ), fisiologicamente più vecchi, germogliano più velocemente (33.9 gg.)

I microtuberi più piccoli (Fig. 4) impiegano meno tempo (41.5 gg.) per germogliare e pertanto risultano meno dormienti rispetto a quelli più grandi che necessitano di quasi 47 gg per raggiungere il 100 % di germogliamento

Nei microtuberi di taglia più piccola, per tutte le classi di somma termica, si osserva un maggiore contenuto sia di Ca che di K (Tab. 3), contenuto che tende ad aumentare all'aumentare della somma termica accumulata dai microtuberi. Per quanto attiene al Mg, il contenuto è piuttosto costante a prescindere dal diametro e dalla somma termica.

#### Prova in vivo

I tuber provenienti da Imola in coltura comune (Tab. 1) hanno mostrato una durata della dormienza compresa tra 20 e 75 giorni circa dalla raccolta (Fig. 5); dopo questo periodo tutti i genotipi raggiungono il 50% e l'80% dei tuber germogliati. Désirée, Viola Calabrese e Brugnoa entro i 60 giorni raggiungono il 100% di tuber germogliati.

I tuber ottenuti in Sila, a Molarotta ad oltre 1000 m s.l.m. (Tab. 1), non germogliano prima di 40 giorni dalla raccolta, raggiungendo

Tabella 2 - Corrispondenza tra i giorni di induzione e l'età dei microtuberi. Nell'ultima colonna è riportata la somma termica accumulata durante lo sviluppo dei microtuberi per classi di età.

Table 2 - Correspondence between induction days and microtuber age. Total day degrees accumulated during microtuber development are reported in the last column per age classes.

Giorni necessari per formazione del tubero	Giorni di permanenza microtubero sulla pianta madre	$\Sigma T2^\circ\text{C}$ classi di $\Sigma T^\circ\text{C}$
60-90	0-30	0-480
50-59	31-40	496-640
40-49	41-50	656-800
0-39	51-90	816-1440

Tabella 3 - Contenuto in K e Ca nei microtuberi di Désirée, E 1587 e MN 274 in relazione alla somma termica e al diametro.  
Table 3 - K and Ca content in microtubers of Désirée, E 1587 and MN 274 in relation to day degrees and diameter.

Elemento	Genotipo	Somma termica dei microtuberi (°C) e diametro (mm)							
		0-480		496-640		656-800		816-1440	
		<=6	>6	<=6	>6	<=6	>6	<=6	>6
K (μmoli g <sup>-1</sup> ps)	Désirée	487.10	265.80	545.60	314.70	560.60	250.70	658.470	274.20
	E 1587	525.60	310.90	583.70	242.20	520.20	279.50	613.20	308.80
	MN 274	496.20	400.10	584.00	292.40	449.90	369.50	469.10	304.60
Ca (μmoli g <sup>-1</sup> ps)	Désirée	60.00	32.50	98.70	32.70	122.20	32.30	85.10	31.90
	E 1587	58.70	30.10	75.90	30.20	59.20	19.20	92.90	33.60
	MN 274	42.20	23.00	95.70	24.00	60.00	28.90	62.70	33.70

la soglia del 50 % entro 70 giorni. Intorno ai 90 giorni tutti hanno raggiunto il 100% (Fig. 6).

Nella terza località, a Bari in coltura bisestile (Tab. 1), tutti i genotipi iniziano a germogliare dopo 70 giorni dalla raccolta, ma entro i successivi 50 tutti raggiungono il 100% di tuberi germogliati (Fig. 7).

La tabella 4 mostra, per ciascun genotipo e per ciascun località di coltivazione, il numero di giorni necessario a raggiungere la soglia del 50% e dell'80% di tuberi germogliati. La maggiore somma termica accumulata ad Imola mostra come per la maggior parte dei genotipi, in questo ambiente, la dormienza abbia la minor durata. La durata della dormienza aumenta gradualmente al diminuire della somma termica.

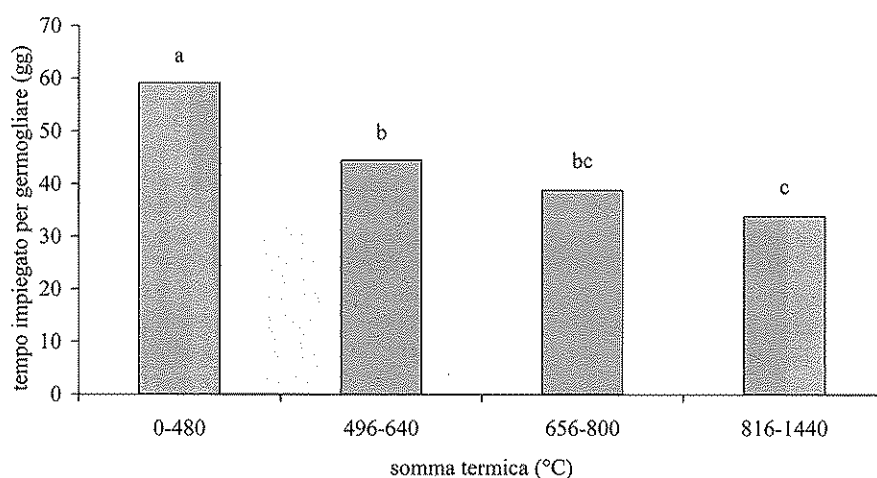


Figura 3 - Effetto medio della somma termica in pre-conservazione sulla durata della dormienza.  
Figure 3 - Pre-conservation day degree effect on dormancy length.

## DISCUSSIONE

Il germogliamento avviene quando il tubero è fisiologicamente pronto per sviluppare la pianta, pertanto la minore durata della dormienza nei microtuberi con più alta somma termica accumulata potrebbe essere

dovuta alla maggiore maturità fisiologica acquisita durante la tuberizzazione. Ciò potrebbe essere dovuto ad un bilancio ormonale a favore dei promotori della crescita.

Per quanto riguarda l'influenza della

dimensione dei microtuberi sulla durata della dormienza, ad eccezione di Désirée per la quale i risultati ottenuti sono in accordo con quelli riportati in letteratura (Van Ittersum *et al.*, 1992), questo fenomeno è stato attribuito al più alto contenuto di ABA presente nei tuberi di taglia più piccola. Questa considerazione risulta valida se si parte dal presupposto che i microtuberi grandi, rispetto a quelli piccoli, si siano differenziati per primi e quindi siano fisiologicamente più vecchi alla raccolta. Nella prova in oggetto le osservazioni condotte e le analisi dei dati non hanno confermato questa corrispondenza fra dimensione e età. Frequentemente, nei tre genotipi, è stato osservato chiaramente che durante la tuberizzazione, i microtuberi sviluppati più tardi potevano raggiungere una dimensione maggiore rispetto a quelli formati per primi - in casi estremi, i microtuberi formati precocemente "regredivano" andando incontro a una sorta di "riassorbimento" (Ewing e Struik, 1992), come se le riserve accumulate fossero nuovamente mobilitate e traslocate verso

Tabella 4 - Giorni necessari per germogliare in tuberi prodotti in differenti condizioni ambientali caratterizzate da differenti somme termiche.

Table 4 - Days for sprouting of tubers obtained in different environments and relative total day degrees.

	Molarotta <sup>1</sup>		Imola <sup>2</sup>		Bari <sup>3</sup>	
	1894 (Σ °T > 5°C)		2057 (Σ °T > 5°C)		1212 (Σ °T > 5°C)	
	Soglia: 50%	Soglia: 80%	Soglia: 50%	Soglia: 80%	Soglia: 50%	Soglia: 80%
CS 8617	67	83	35	48	102	109
CS 8621	56	61	54	72	101	110
E 1912	-	-	57	75	115	121
E 2121	55	61	46	70	106	113
Sibylla	56	61	-	-	-	-
Daytona	74	86	33	49	-	-
Rubino	73	87	71	91	115	121
Désirée	99	105	19	30	110	116
Viola	38	50	26	37	79	86
Calabrese	-	-	-	-	-	-
Brugnoa	46	70	46	49	88	97
Rossa di Cetica	92	99	-	-	-	-
Gull Auga	38	45	50	73	90	97

nuovi microtuberi in via di sviluppo. Perciò avremo microtuberi sia piccoli (diametro < mm 6) che grandi (diametro > mm 6) rappresentativi di tutte le fasi di tuberizzazione. In questo senso sembra, quindi, che la somma termica abbia maggiore effetto sulla durata della dormienza rispetto alla dimensione dei microtuberi: quelli più piccoli e formati per primi con una più alta somma termica accumulata (656-1440 °C) hanno raggiunto alla raccolta uno stato fisiologico più favorevole alla germogliazione. Al contrario quelli formati durante gli ultimi giorni e quindi con una minore somma termica (0-640 °C), ma ingrossati rapidamente, sono risultati più dormienti.

Dal punto di vista fisiologico, il bilancio ormonale a favore dei promotori, conseguente alla maggiore maturità, potrebbe compensare il più alto contenuto percentuale di acido abscissico rilevato nei MT più piccoli, responsabile della loro maggiore dormienza registrata in letteratura (Leclerc *et al.*, 1995).

Relativamente all'effetto della temperatura di conservazione, i risultati ottenuti concordano con quelli della maggior parte dei ricercatori. La letteratura indica che a basse temperature, il tasso del metabolismo è ridotto e di conseguenza l'esposizione alla bassa temperatura rallenta i processi metabolici associati al deterioramento dei tessuti. L'alta temperatura di conservazione

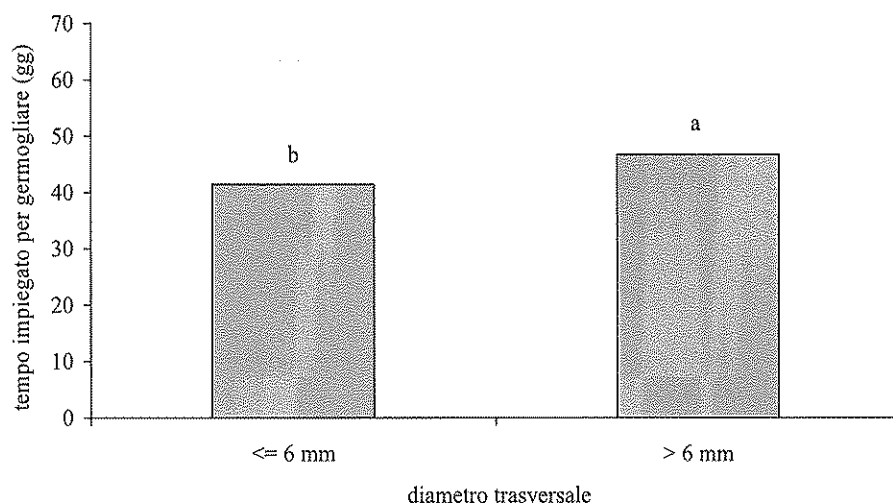


Figura 4 - Effetto medio del diametro sulla durata della dormienza.  
Figure 4 - Diameter effect on dormancy length.

stimola l'attività metabolica per cui sono favoriti i processi associati alla degradazione delle riserve ed inoltre favorisce lo spostamento dell'equilibrio ormonale verso i promotori (Turnbull e Hanke, 1985; Van Ittersum e Scholte, 1992; Coleman, 1998). Durante la conservazione a 20 °C alcuni microtuberi hanno germogliato originando altri propaguli mobilitando le sostanze di riserva verso i nuovi siti. Invece quelli conservati a 4 °C non hanno mostrato alcun

fenomeno di ricrescita né di alterazione, perciò una volta trasferiti in condizioni ideali di crescita, hanno impiegato un minor numero di giorni per germogliare.

Dai risultati dell'analisi chimica degli elementi minerali risulta che i microtuberi di minor diametro sono caratterizzati da un maggior contenuto sia in K che in Ca. Poiché i microtuberi di minor diametro sono caratterizzati anche da una minore durata della dormienza, potremmo derivare una

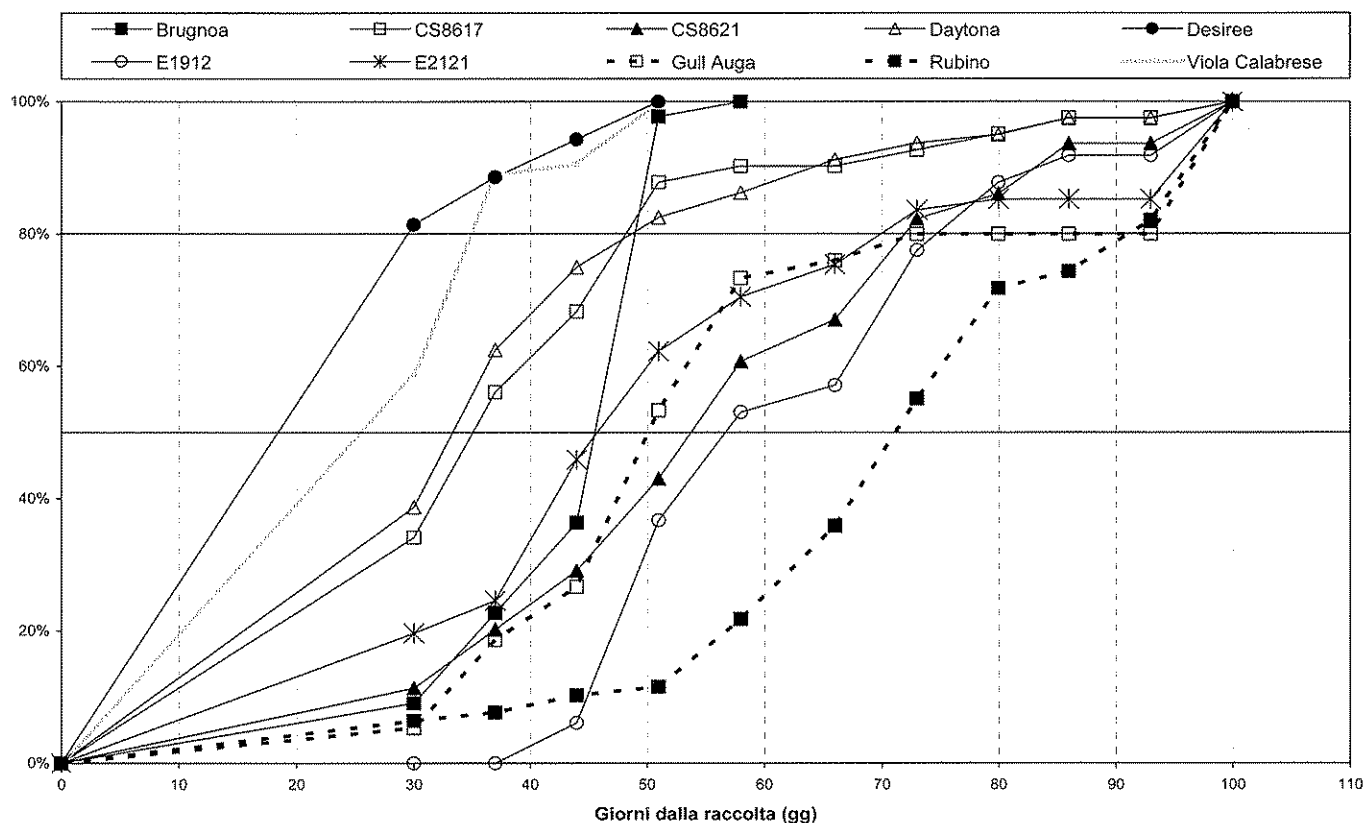


Figura 5 - Andamento dell'interruzione della dormienza nei genotipi coltivati ad Imola.  
Figure 5 - Dormancy interruption trend in the genotypes grown at Imola.

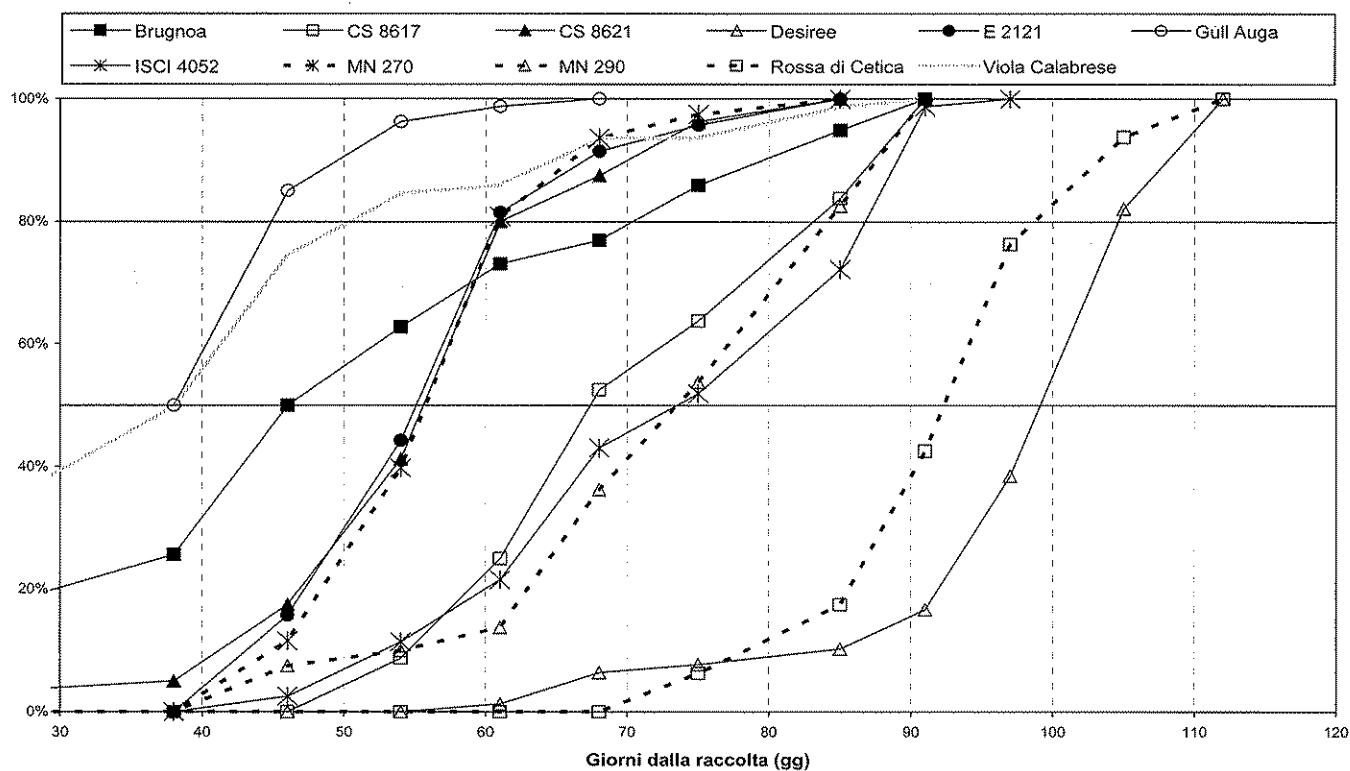


Figura 6 - Andamento dell'interruzione della dormienza nei genotipi coltivati a Molarotta.  
Figure 6 - Dormancy interruption trend in the genotypes grown at Molarotta.

probabile correlazione tra il maggior contenuto in questi elementi e la minore durata della dormienza, confermando così i risultati ottenuti da Vecchio *et al.* (2000) sulla probabile implicazione di questi elementi nel controllo dello stato di dormienza. Una

correlazione analoga la possiamo osservare anche tra il maggiore contenuto in K, che aumenta con l'aumentare della maturità fisiologica dei MT, e la minore durata della dormienza.

Osservazioni fatte sulle piantine alla fine

della fase di induzione hanno mostrato che Désirée e il clone E 1587 erano caratterizzati da un elevato numero di microtuberi provvisti di germoglio. Questi due genotipi, dopo analisi statistica, sono risultati i meno dormienti (Fig. 8). Forse è possibile indicare quale

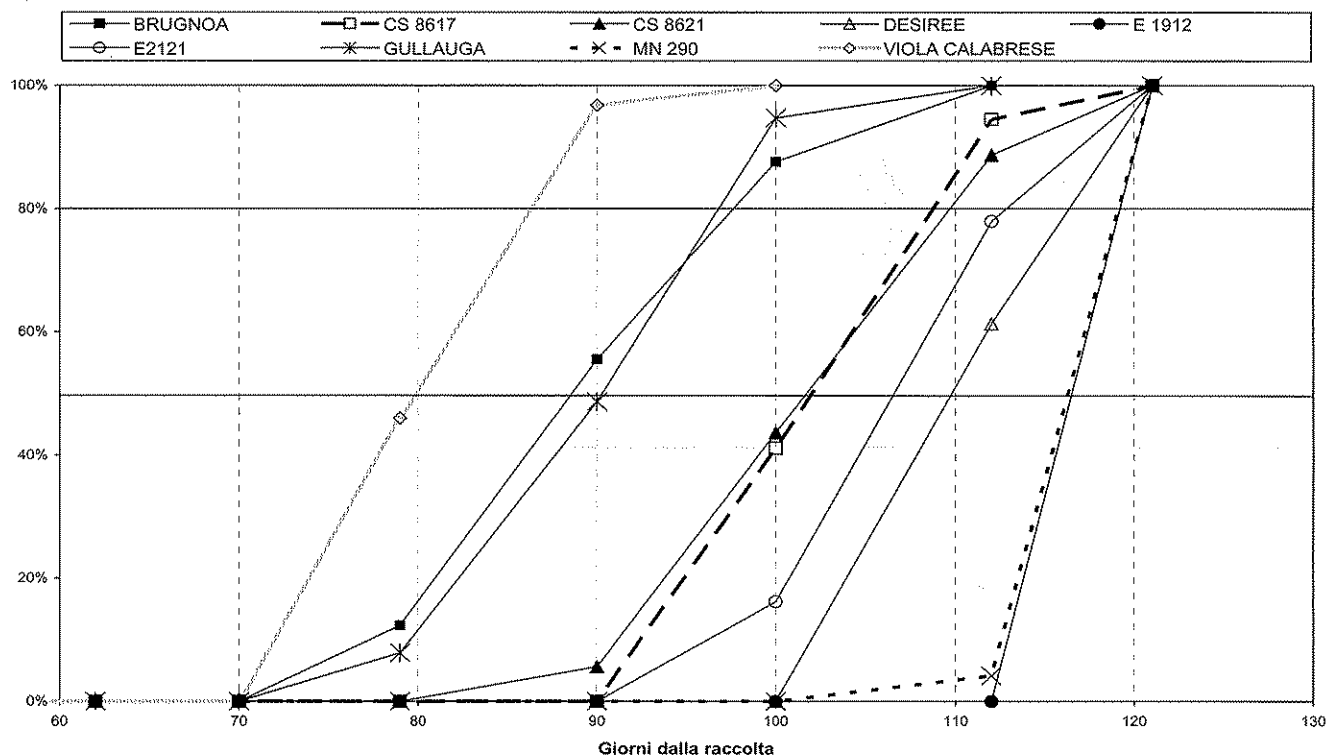


Figura 7 - Andamento dell'interruzione della dormienza nei genotipi coltivati a Bari.  
Figure 7 - Dormancy interruption trend in the genotypes grown at Bari.

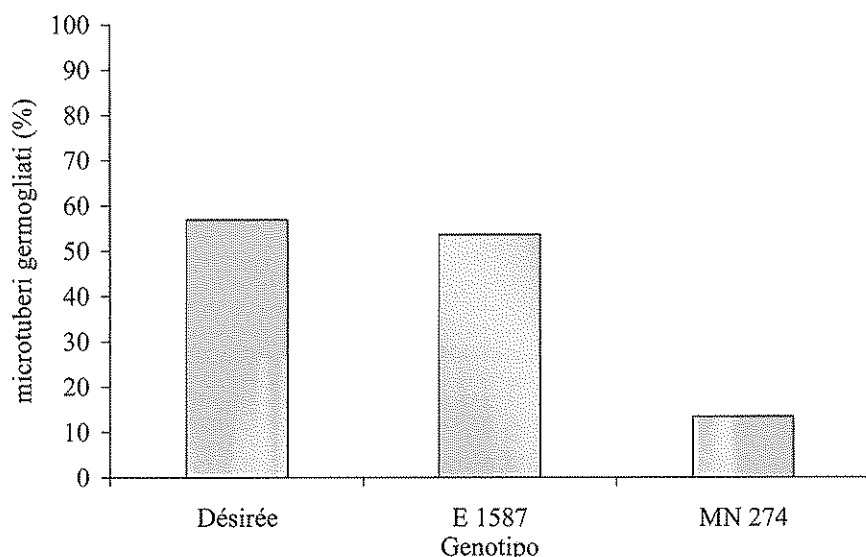


Figura 8 - Effetto del genotipo sulla percentuale di tuberi germogliati alla fine del periodo di tuberizzazione.

Figure 8 - Genotype effect on sprouted tuber percentage at the end of tuberisation.

genotipo sarà meno dormiente, in un confronto *in vitro*, osservando il numero di tuberi con germogli alla raccolta.

In relazione alla durata della dormienza nei tuberi prodotti *in vivo*, nel complesso possono essere individuati gruppi di genotipi che raggiungono l'80% di tuberi germogliati in tempi diversi. Ad Imola il primo gruppo raggiunge questa soglia dopo 30 - 35 giorni dal trasferimento in condizioni di germogliazione e comprende Désirée e Viola Calabrese; nel secondo, intorno a 45 giorni, si collocano Brugnoa, MN 290 (Daytona), CS 8617; il terzo con 75 giorni comprende E 1912, CS 8621, E 2121, ed il quarto dopo 95 giorni Gull Auga e ISCI 4052 (Rubino).

Anche a Molarotta è possibile individuare 4 gruppi di cloni. Dopo 45 giorni nel primo gruppo si collocano Gull Auga e Viola Calabrese; tra 60 e 70 giorni E2121, CS 8621, MN 270 (Sibylla) e Brugnoa nel secondo; intorno ad 85 giorni CS 8617, MN 290 (Daytona) ed ISCI 4052 (Rubino); il quarto gruppo, tra 90 e 110 giorni, comprende Rossa di Cetica e Désirée.

Nel caso della coltura bisestile a Bari possono essere individuati 3 gruppi di cloni: il primo include solamente Viola Calabrese che raggiunge la soglia indicata ad 85 giorni; il secondo, comprendente le varietà Brugnoa e Gull Auga, a 95 giorni, ed il terzo tra 110 e 120 giorni che include CS 8617, CS 8621, E 2121, Désirée, MN 290 (Daytona) ed E 1912.

I risultati ottenuti dai tuberi convenzionali prodotti in tre ambienti diversi per somma termica, per durata della coltura, epoca di semina e di raccolta, mostrano una forte differenza tra i genotipi e concordano con quanto ottenuto *in vitro* circa il ruolo positivo

espresso dalla maggiore somma termica nel ridurre la durata della dormienza.

Le implicazioni pratiche di simili risultati fanno ipotizzare l'impiego di varietà a tuberizzazione precoce quando il prodotto (tubero-seme) dovrà essere utilizzato per le semine di controstagione. Tali scelte non potranno prescindere dalle condizioni ambientali dei siti di produzione del tubero-seme.

## BIBLIOGRAFIA

- Abbot A.J., Belcher A.R., 1986. Potato tuber information *in vitro*. Plant tiss. cult. and its agric. applic. (11) pp. 113-122.
- Allen E. J., O'Brien P. J., Firman D., 1992. Seed Tuber Production and management. In the potato crop: the scientific basis for improvement, 2nd edn, pp. 247-291.
- Claessens M.M.J., 2002. Carbohydrate metabolism during potato tuber dormancy and sprouting. Tesi della Wageningen University (Olanda).
- Claessens M.M.J., Vreugdenhil D., 2000. Is Dormancy breaking of potato tubers the reverse of tuber initiation? Potato Research (43) pp. 347-369.
- Coleman W.K., 1998. Carbon dioxide, oxygen and ethylene effects on potato tuber dormancy release and sprout growth. Annals Of Botany (82) pp. 21-27.
- Coleman W.K., Coleman S.E., 2000. Modification of potato microtuber dormancy during induction and growth *in vitro* or *ex vitro*. Am. J. Potato Res. (77) pp. 103-110.
- Coleman W.K., Donnelly D.J., Coleman S.E., 2001. Potato microtubers as research tools: a review. Am. J. Potato Res. (78) pp. 47-55.
- Donnelly D.J., Coleman W.K., Coleman S.E. (2003) "Potato microtuber production and performance: a review" American. Journal of Potato Research (80) pp.103-115.

- Estrada R., Tovar P., Dodds J.H. (1986) "Induction of *in vitro* tubers in a broad range of potato genotypes" Plant Cell Tissue Organ Cult (7) pp. 3-10.
- Ewing And Struik, 1992. "Tuber Formation in potato: induction, initiation, and growth". reprinted from Horticultural Reviews. volume 14: 89-198.
- Gopal J., Minocha J.L. (1997) "Effectiveness of selection in potato at microtuber crop level" Plant Breeding (116) pp. 293-295.
- Gopal J., Minocha J.L. (1998) "Effectiveness of *in vitro* for agronomic characters in potato" Euphytica (103) pp. 67-74.
- Gopal J., Minocha J.L., Sidhu J.S. (1997) "Comparative performance of potato crops raised from microtubers induced in the dark versus microtubers induced in light" Potato Research (40) pp. 407-412.
- Harvey B.M.R., Boeden G., Reavey C., Selby C. (1994) "Stimulation of *in vitro* root and shoot growth of potato by increasing sucrose concentration in the presence of fluridone, an inhibitor of abscisic acid synthesis" Plant Cell Tiss. Org. Cult. (37) pp. 271-276.
- Leclerc Y., Donnelly D.J., Coleman W.K., King R.R. (1995) "Microtuber dormancy in three potato cultivars" Am. Potato Journal (72) pp. 215-223.
- Naik P.S., Sarkar D., Khurana S.M.P., Shekhawat G.S., Singh B.P., Pandey S.K. (2000) "Effect of greening and storage conditions on weight loss and sprouting in potato microtubers" Potato, Global Research And Development Proceedings of the Global Conference on Potato. New Delhi pp. 714-719.
- Reust W. 1986. EAPR working group "Physiological age of the potato" Potato Research. 29: 268-271.
- Tovar P., Estrada R., Schilde-Rentschler L., Dodds J.H. (1985) "Induction and use of *in vitro* potato tubers" Cip Circular 13, int. Potato Centre, Lima: 1-5.
- Turnbull C.G.N., Hanke D.E. (1985) "The Control of bud dormancy in potato *Solanum tuberosum* L. Cultivar majestic tubers : evidence for the primary role of cytokinins and a seasonal pattern of changing sensitivity to cytokinin" Planta (165) pp. 359-365.
- Van Es A., Hartmans K.J. (1986) "Carbohydrate metabolism during storage of potatoes" proceedings of the 21ST Annual Conference of the ECSA - PRC pp. 40-89.
- Van Ittersum M.K. (1992 c) "Variation In the duration of tuber dormancy within a seed potato lot" Potato Res. (35) pp. 261-269.
- Van Ittersum M.K., Aben F.C.B., Keijzer C.J. (1992) "Morphological changes in tuber buds during dormancy and initial sprout growth of seed potatoes" Potato Res. (35) pp. 249-260.
- Van Ittersum M.K., Scholte K. (1992) "Relation between growth conditions and dormancy of seed potatoes. 2. Effects of temperature" Potato Res. (35) pp. 365-375.
- Vecchio V., Benedettelli S., Luisa Andrenelli, Palchetti E., Espen L., 2000. Inductive and noninductive conditions on *in vitro* tuberization and microtubers dormancy in

potato (*Solanum tuberosum* subspecies  
*tuberosum* and subspecies *andigena*).  
Potato Research. 43, 115-123.  
Vecchio V., Palchetti E., Andrenelli L.,

Ghiselli L. (2002) "Valutazione della  
potenzialità produttiva di cloni nuovi di  
patata con differenti tecniche di coltura e di  
produzione di tubero seme pre-base". Rivista

di Agronomia 36, 51-60.  
Wiltshire J. J., Cobb A. H., 1996. A Review Of  
The physiology of potato tuber dormancy.  
Annals of Applied Biology. 129, 553-569.